

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 197 54 766 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**D 21 H 11/12**  
D 21 C 3/20

21 Aktenzeichen: 197 54 766.4  
22 Anmeldetag: 28. 11. 1997  
43 Offenlegungstag: 20. 1. 2000

DE 197 54 766 A 1

71 Anmelder:

Graupner, Gerald, 12679 Berlin, DE; Lange, Günter,  
12555 Berlin, DE

72 Erfinder:

Graupner, Gerald, 12679 Berlin, DE; Lange, Günter,  
12555 Berlin, DE; Stys, Alexander, 12619 Berlin, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

54 Herstellung von Zellstoff-Papier aus Kartoffelkraut mit Hilfe des ASAM-Verfahrens

57 In unserer Forschungsarbeit befaßten wir uns mit der Herstellung von Zellulose aus Kartoffelkraut sowie dessen Weiterverarbeitung zu Papier. Als Grund für unsere Arbeit sahen wir, daß der Papierverbrauch in der Welt stark ansteigt, und die deswegen immer größere Nachfrage an Zellulose nur durch Rodung riesiger Wälder gestillt werden kann. Andererseits fallen allein auf deutschen Feldern jährlich mehr als eine Millionen Tonnen Kartoffelkraut an, die ungenutzt verbrannt werden. Da das Kartoffelkraut reich an Zellulose ist, haben wir es uns zur Aufgabe gemacht, diesen Rohstoff der Papierindustrie zugänglich zu machen.

Zunächst besorgten wir uns von umliegenden Feldern (Kreis Barnim) Kartoffelkraut. Dieses haben wir in vielen Versuchsreihen mit den unterschiedlichsten Chemikalien bearbeitet, mit dem Ziel, die darin enthaltende Zellulose aufzuschließen.

Als wir schließlich ein gutes Verfahren mit einem modifizierten Gemisch aus Natronlauge und einem Enzym gefunden hatten, wandten wir uns an die Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Hamburg, mit deren Hilfe wir bessere quantitative und qualitative Ausbeuten erreichten.

Mit diesen neuen Möglichkeiten konnten wir erstmals aus unserer Zellulose Papier herstellen, welches wir dann auf seine chemischen und physikalischen Eigenschaften hin untersucht haben.

DE 197 54 766 A 1

## Beschreibung

Seit Jahrhunderten wird der Rohstoff für Papier im wesentlichen aus Holz gewonnen, im letzten Jahrhundert zunehmend auch aus Altpapier und bestimmten einjährigen Pflanzen wie z. B. Schilf.

- 5 Trotzdem ist Holz der wichtigste Zellstofflieferant und die Waldreserven nehmen durch den ständig steigenden Papierbedarf rapide ab. Demgegenüber wird jährlich nach der Kartoffelernte tonnenweise das Kartoffelkraut "entsorgt", meistens durch Verbrennung.

- Der im Patentanspruch angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, durch ein spezifisches Aufschlußverfahren, bestehend aus Enzym, 2,5%iger Natronlauge unter bestimmten Temperatur- und Druckverhältnissen einen Zellstoff zu gewinnen, der sich für die Weiterverarbeitung in der Papierindustrie eignet.

- 10 Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist im Patentanspruch 2 angegeben. Die Weiterbildung nach Patentanspruch 2 ermöglicht es, ein Papier herzustellen, das in seiner Reißfestigkeit und seinem Berstdruck anderen Papiersorten gleichwertig oder überlegen ist. Das von uns hergestellte und in der Bundesforschungsanstalt für Holzwirtschaft, Hamburg, geprüfte Papier zeigte je nach vorangegangenen Mahlgrad eine maximale Reißlänge von 6,30 km und einen Berstdruck von max. 261 kPa auf. Damit würde sich dieses aus Kartoffelkraut hergestellte Papier auch für Tüten und Tragetaschen eignen.

Unter dem Umweltaspekt betrachtet könnten bei Nutzung des Kartoffelkrautes zur Zellstoffgewinnung beträchtliche Flächen an Wald erhalten und die CO<sub>2</sub>-Anreicherung der Luft durch Vermeiden des Abbrennens verhindert werden.

- 20 Einleitung & Zielsetzung

In der Welt, in der wir heute lebend gibt es eine Vielzahl ökologischer Probleme. Eines der schwerwiegendsten ist die weltweite Rodung der Wälder. So wurden in den letzten 50 Jahren fast die Hälfte des Weltbaumbestandes abgeholzt, um als Baumaterial, Heizmittel, aber auch für die Papierherstellung genutzt zu werden.

- 25 Andererseits werden auf den Feldern weltweit riesige Mengen an Kartoffeln angebaut, eines der Hauptnahrungsmittel in vielen Teilen der Erde. So wurden 1986 auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik ca. 67000 ha für Kartoffelpflanzen genutzt. In einer vorsichtigen Hochrechnung kamen wir zu dem Ergebnis, daß auf einen Hektar 20 Tonnen Kartoffelkraut anfallen, also bundesweit ungefähr 1,3 Millionen Tonnen. Leider werden diese Ressourcen bisher ungenutzt verbrannt, da sie keinen besonders hohen Heiz- oder Nährwert haben und sie somit für die Bauern unwichtig sind. Andererseits beinhaltet das Kartoffelkraut für Einjahrespflanzen einen bemerkenswert hohen Anteil von  $\alpha$ - und Hemi-Zellulose welche wir mit Hilfe eines geeigneten Aufschlußverfahrens der Papierindustrie zugänglich machen wollen.

## Hauptteil

- 35 Theoretische Vorbetrachtung zur Zellulose und zum Zellstoff

- Zellulose ist die Bezeichnung für die Gertistbaustanz der Pflanzen. Hierbei wird zwischen der  $\alpha$ - und Hemi-Zellulose unterschieden. Bei der  $\alpha$ -Zellulose handelt es sich um ein Polysaccharid mit der Summenformel  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , wobei Polymerisationsgrad n in der Natur eine Zahl von bis zu 12000 betragen kann. Die kettenförmigen Zellulosemoleküle sind aus miteinander durch ein Sauerstoffatom verbundene Glucoseeinheiten aufgebaut, wobei immer zwei dieser Ketten (Stärke) durch Wasserstoffbrückenbindungen der sich gegenüberliegenden Glucosemolekülen fest zusammengehalten werden. Bei der Hemi-Zellulose sind außerdem noch andere Verbindungen, wie z. B. Phenylgruppen eingebaut. Darüberhinaus gibt es hier im Gegensatz zur  $\alpha$ -Zellulose auch Seitenketten, sowie zusätzliche Amino-(NH<sub>2</sub>), Carboxyl-(COOH) und Alkylgruppen ((CH<sub>3</sub>)). Hemi-Zellulose ist für die Papierherstellung sehr wichtig, da durch die Seitenketten die Konsistenz erhöht wird und sie klebend wirkt. In der Textilindustrie ist das Gegenteil der Fall, hier wird fast reine  $\alpha$ -Zellulose benötigt.

- Schon lange sind die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Zellulose in der Papier- und Textilindustrie bekannt. Der Hauptrohstoff für die Papiergewinnung ist das Holz, wobei es bei niedriger Stoffdichte in Wasser (ca. 5 kg Holz in 100 l Wasser) in einem Stofflöser (Pulper) suspendiert wird. Anschließend werden Zusammenballungen aufgelöst und die Faser gekürzt und fibrilliert, so daß die spezifische Oberfläche zunimmt. Danach werden noch verschiedene Hilfsstoffe für die Leimung und als Füllstoffe hinzugegeben. Für den Verwendungszweck des Papiers ist die Faserlänge wichtig, lange Fasern werden z. B. bei Lösch- und kurze bei Pergamentpapier benötigt. Bei letzterem wird ausgenutzt, daß bei kürzen Zellulosefasern im Papier dessen Lipidpermeabilität fast null ist.

- Beim sog. Viskoseverfahren in der Textilindustrie wird die Rohzellulose mit 20% der NaOH-Lösung versetzt, so daß 55 Natronzellulose entsteht. Da diese aber noch fasrig ist, wird sie in der darauffolgenden "Reifezeit" in kleinere Moleküle zerlegt. Daraufhin läßt man die Natronzellulose mit Kohlenstoffdisulfid reagieren, damit man Natronzellulose-Xanthogenat erhält. Unter Zugabe von Natronlauge entsteht hieraus eine zähflüssige Lösung. Diese spinnfähige Viskose enthält dann Zellulose, Natriumhydroxid, Schwefel und Wasser. Durch Spinnröhren mit Öffnungen von 0,06–0,08 mm wird die Viskoselösung dann in ein Spinnbad gepreßt, wobei Zellulose und Kohlenstoffdisulfid entsteht. Die aus den Düsen kommenden Fäden erstarren sofort, werden aufgespult, gewaschen, entschweifelt, gebleicht und getrocknet.

## Versuche zum Aufschluß der Zellulose

## Vorgehensweise

- 65 Als erstes mußte das getrocknete Kartoffelkraut zerkleinert werden. Am Anfang verwendeten wir hierbei einen mechanischen Bleistiftanspitzer. Hierbei war das Resultat so klein, daß es später unmöglich war, die Zellulose aus den Sud herauszufiltern, ohne dabei größere Mengen von Holzresten im Filter zu haben. Deshalb zerkleinerten wir das Kartoffel-

kraut später mit einem elektrischen Mörser auf eine Länge von ca. 3–5 cm.

Diese Kartoffelkrautstücke gaben wir dann in einen Schnellkochtopf oder Becherglas, wobei dieser immer halbvoll war. Danach gaben wir die jeweiligen Chemikalien, sowie Wasser hinzu, wobei natürlich beachtet werden mußte, daß die Flüssigkeit das Kraut vollständig bedeckte. Danach wurde der Sud zumeist 45 Minuten, bei wenigen Versuchen zum Teil auch erheblich länger unter leichten Druck (Schnellkochtopf) gekocht.

Hierauf mußte der Sud gefiltert werden, um die eventuell aufgeschlossene Zellulose zu erhalten, wobei wir folgendes Verfahren anwandten: Der Topfinhalt wurde in ein grobes Sieb geschüttet, unter dem ein feines lag.

Nachdem die Chemikalien abgelaufen waren, spritzten wir mit einem harten Wasserstrahl auf den ständig geschüttelten Sud. Dadurch wurden die feinen Zellulosefasern durch das grobe Sieb gedrückt und im feinen Sieb darunter aufgefangen. Hierbei wird ausgenutzt daß die Kartoffel nur kurze Zellulosefasern hat.

Die so gewonnene Zellulose könnte nun zu Papier weiterverarbeitet werden.

Anmerkung: Da wir immer mit ätzenden Substanzen gearbeitet haben, hatte der Arbeitsschutz natürlich höchste Priorität.

#### Versuchsreihe

Im Verlauf unser Versuche haben wir insgesamt vier chemische Substanzen auf ihre Eigenschaften zum Aufschluß der Zellulose mit den uns zu Verfügung stehenden Mittel getestet.

In einer chemischen Fachzeitschrift lasen wir, daß es einem Studenten gelungen war, mit Hilfe von Ameisensäure ( $\text{HCOOH}$ ) Zellulose unter Druck aus Stroh aufzuschließen. Dieses, so unser Gedanke, müßte auch mit dem Kartoffelkraut funktionieren. Wegen der geringeren Gefährlichkeit und leichteren Besorgbarkeit wollten wir dies allerdings erst mit dem nächsten Verwandten der Methansäure testen, der Essigsäure ( $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ). Jedoch war das Ergebnis niederschmetternd, da es keinen nennenswerten Aufschluß von Zellulose im Sud gab. Auch mit verlängerten Kochzeiten sowie der Zugabe eines eiweißlösendes Enzyms aus Waschmittel veränderte sich dieses nicht. Daraufhin benutzten wir in der nächsten Versuchsreihe nun doch  $\text{HCOOH}$ . Der Aufschluß der Zellulose war nun zwar etwas besser als bei der Essigsäure, da wir aber nur mit geringen und ungesteuerten Druck des Schnellkochtopfes arbeiten konnten war auch diesmal das Ergebnis nicht zufriedenstellend.

Da wir mit den Carbonsäuren keinen Erfolg hatten, benutzten wir für die nächsten Versuche Natriumhydroxid ( $\text{NaOH}$ ) und Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ). Bei Natriumhydroxid und bei Salpetersäure waren die Resultate gut.

Wobei bei  $\text{NaOH}$  der Aufschluß grau und bei  $\text{HNO}_3$  leicht gelb war. Längere Kochzeiten als 45 Minuten hatten keine Auswirkungen auf Quantität und Qualität des Aufschlusses. Nach Zugabe des Waschmittels mit dem Enzym ließ sich die Ausbeute leicht steigern und die Zellulose war bereits etwas gebleicht.

#### Ausbeute der verschiedenen Aufschlüsse

Art des Aufschlusses	ohne Enzym	mit Enzym
Essigsäure	-	-
Ameisensäure	-	ca 3%
Natronlauge	ca 29%	ca 33%
Salpetersäure	ca 17%	ca 17%

#### Durchführung des Aufschlusses der Zellulose und Herstellung von Papier im Institut für Holz und Papier

Mit unseren Ergebnissen aus der "Heimarbeit" und etwas Kartoffelkraut fuhren wir zum Institut für Holz und Papier in Hamburg. Dort wollten wir erstmals aus unserer Zellulose Papier herstellen.

Als erstes haben wir das Kartoffelkraut gehäckselt und dann in einem Drehautoklav bei  $160^\circ\text{C}$  und unter einem Druck von 3–4 Bar 60 Minuten in 2,5% Natriumhydroxidlösung gekocht. Das Verhältnis von Kartoffelkraut und der Lösung betrug 4 : 1. Daraufhin wurde der Inhalt des Autoklaven in ein Drehsieb geschüttet, wo eine sehr reine Zellulosefiltrat entstand. Diese Zellulose haben wir dann in Wasser gegeben, wobei auf 10 Liter Wasser nur 2,4 Gramm Zellulose kamen. Dadurch entstand eine feine Suspension. Nun wurde das Wasser schlagartig abgelassen, so daß eine gleichmäßige Schicht Zellulose auf einem darunterliegenden Feinsieb entstand. Diese Schicht wurde dann mit Hilfe von Filterböden auf ein Vakuumkocher übertragen und bei  $97^\circ\text{C}$  unter Vakuum getrocknet. Nach 10 Minuten wurde das so entstandene noch feuchte Papier in den Klimaraum zum Trocknen gebracht. Daraufhin haben wir das Papier auf Festigkeit und mit diversen Reißproben die Bindefähigkeit der Kartoffelzellulose untersucht.

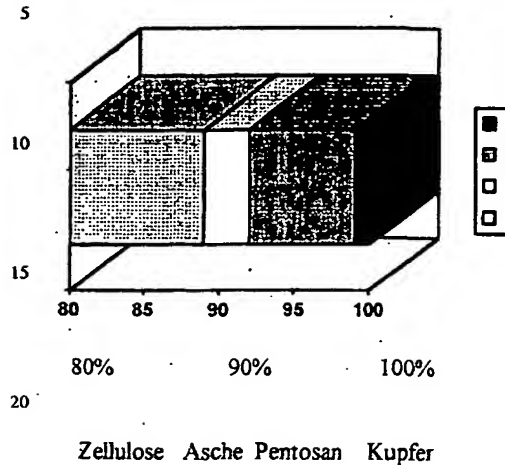
#### Ergebnis der Untersuchungen

#### Eigenschaften des Kartoffelkrautes

Durch den für Einjahrespflanzen bemerkenswert hohen Anteil an Zellulose sowie des geringen Anteils an Lignin, welches durch Oxidation den Zusammenhalt des Papiers zerstört (der Grund für das Vergilben), sowie der enormen Verfügbarkeit (ca. 1,3 Millionen Tonnen) ist das Kartoffelkraut besonders zu der Herstellung von Zellulose und dessen Weiterverarbeitung zu Papier geeignet. Wir erreichten mit dem Aufschluß durch Natronlauge eine Ausbeute von ca. 31%, also könnten bundesweit etwa 400.000 Tonnen Papier aus Kartoffelkraut hergestellt werden, in etwa 3% des Gesamtbedarfes.

## Eigenschaften der Zellulose aus Kartoffelkraut

Die Zellulose hat einen sehr hohen Anteil von  $\alpha$ - und Hemi-Zellulose (85–90%). Der Rest besteht aus ungefähr 2–5% Asche, 4–7% Pentosan, 0,5–1% Kupfer sowie geringe Mengen Lignins.



## Eigenschaften des Papiers

Als Ergebnis erhielten wir ein leicht gelbes (da wir ungebleichte Zellulose verwendeten) Papier mit mittlerer Faserlänge. Es hat, unserer Meinung nach, eine gute Qualität und durch den geringen Ligningehalt des Ausgangsmaterials entfallen teure Nachbehandlungen. Die Ergebnisse der Untersuchungen ergaben, daß bei zunehmender Mahldauer eine Steigerung der Festigkeitswerte eintrat, wobei die Reißlänge bei einer Mahldauer von acht Minuten den überdurchschnittlichen hohen Wert von 6,3 km hatte.

Die Reißlänge sagt aus wie lang das Papier sein muß, damit es aufgrund des Eigengewichtes reißt.

In Bezug auf Berstdruck und Falzfestigkeit lag unser Papier im Vergleich zu anderen Sorten im Mittel und in der Reißfestigkeit etwas unter dem Durchschnitt, wogegen die Werte für die Lichtdurchlässigkeit bei weitem besser waren. So betrug z. B. die Opazität 99,6 bis 98,1% (siehe nachfolgende Tabelle).

	1. Mahlgrad	2. Mahlgrad	3. Mahlgrad	4. Mahlgrad	5. Mahlgrad	1. Interpol. Mahlgrad	2. Interpol. Mahlgrad	3. Interpol. Mahlgrad
Mahlgrad [°SR]	27,0	35,5	47,5	54,0	58,0	30,0	40,0	50,0
Mahldauer [min]	0	2	4	6	8	1	3	5
Spez. Volumen [cm³/g]	1,55	1,34	1,32	1,28	1,25	1,48	1,33	1,31
Reißlänge [km]	3,52	5,04	5,60	6,20	6,30	4,08	5,25	5,83
Berstdruck [kPa]	121	174	219	235	244	140	191	225
Berstdruck 75g [kPa]	110	171	215	234	245	131	187	222
Berstdruck 80g [kPa]	117	182	229	250	281	140	200	237
Durchreißfestk. [cN]	28,1	28,2	30,1	25,5	30,7	27,4	27,6	28,3
Durchreißfestk. 100g [cN]	34,2	34,2	39,4	33,9	41,1	34,2	36,1	37,3
Festigkeitswert [-]	3,5	4,1	4,7	4,6	5,1	3,7	4,4	4,7
Tensile-Index [Nm/g]	34,5	49,4	54,9	60,8	61,8	39,8	51,5	57,2
Tear-Index [mN·m²/g]	3,4	3,4	3,9	3,3	4,1	3,4	3,6	3,7
Burst-Index [kPa·m²/g]	1,4	2,2	2,8	3,1	3,2	1,7	2,5	2,9
Absorptionsk. [m²/kg]	9,20	7,50	8,63	8,59	8,66	8,60	7,92	8,61
Opazität, 80 g/m² [%]	99,6	98,4	98,1	98,8	98,8	99,2	98,3	98,4
LSK [m²/kg]	47,3	34,9	36,9	36,3	35,1	43,0	35,7	36,7
Weißgrad [% ISO]	37,4							
Cuen-Viskosität [ml/g]								
Kappa-Zahl [-]	33,4							

## Quellenangabe

- Brockhaus Enzyklopedie, F.A. Brockhaus Verlag
- Linder Chemie, Linder Schulbuch Verlag
- Rohstoff!, erschienen 1938

## Patentansprüche

1. Zellstoffgewinnung aus Kartoffelkraut durch enzymatischen und 2,5%igen Natronlaugenauflösung.
2. Nutzung des erhaltenen Zellstoff-Filtrats zur Herstellung von Papier.

- Leerseite -

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 197 54 766 C 2

51 Int. Cl. 7:  
D 21 C 5/00  
D 21 H 11/12  
D 21 C 3/20

21 Aktenzeichen: 197 54 766.4-45  
22 Anmeldetag: 28. 11. 1997  
43 Offenlegungstag: 20. 1. 2000  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 28. 2. 2002

DE 197 54 766 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Graupner, Gerald, 15537 Grünheide, DE; Lange,  
Günter, 99330 Gräfenroda, DE; Stys, Alexander,  
12619 Berlin, DE

72 Erfinder:

gleich Patentinhaber

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE-PS 9 70 908  
DD 1 16 480  
AT 97 901  
US 17 09 824

Tensid-Taschenbuch 3. Aufl., 1990, S. 48;

54 Zellstoffgewinnung aus Kartoffelkraut als Rohstoff für die Papierherstellung

57 Verfahren zur Zellstoffgewinnung, bei dem unter Ein-  
satz von Waschmittelenzym und 2,5%iger Natronlauge  
Kartoffelkraut bei 160°C unter einem Druck von 17 bar  
60 min gekocht wird.

DE 197 54 766 C 2

## Beschreibung

- [0001] Das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Verfahren beinhaltet, durch den Kochaufschluss mit Waschmittelenzym und 2,5%iger Natronlauge unter bestimmten Temperatur- und Druckverhältnissen Zellstoff für die Papierherstellung zu gewinnen.
- [0002] Es ist bekannt, aus Pflanzenrohstoffen (Holzstoff, Stroh, Schilf, Kartoffelkraut) Zellulose herzustellen. Das geschieht entweder durch Kochen mit alkalischen Lösungen wie z. B. Ätznatron, Soda, Ammoniumverbindungen und Kalkmilch (AT-PS 97901; US-PS 1709824) oder einer Lauge, bestehend aus Natriumsulfit und Ätznatron nach einem Aufschluss des pflanzlichen Materials mit Kalk (DE-PS 970 908).
- [0003] Kennzeichnend für die meisten Verfahren und Vorrichtungen zur Herstellung des Fasermaterials ist, dass mit hohem Druck und maximalen Temperaturen von 180°C–190°C, teilweise auch kurzzeitig bei Luftdruck und einer Temperatur von 200°C–500°C gearbeitet wird (DD-PS 116 480).
- [0004] Ein Einsatz von 2,5%iger Natronlauge und Waschmittelenzymen, die in erster Linie aus Proteasen, ferner aus Amylasen bestehen (s. Tensid-Taschenbuch, 3. Aufl., 1990, S. 48), wurde bisher noch nicht beschrieben.
- [0005] Die Lösung des Problems der Zellstoffgewinnung aus Kartoffelkraut wird durch die im Patentanspruch 1 aufgeführten Arbeitsbedingungen und Merkmale aufgezeigt.
- [0006] Der Aufschluss des Kartoffelkrautes mit Hilfe 2,5%iger Natronlauge und Waschmittelenzym ergibt die höchste Ausbeute an Zellulose (43%), die zu Papier weiter verarbeitet wurde.
- [0007] Ein Ausführungsbeispiel soll näher beschrieben werden:
- Ein Drehkocher wird mit 10 kg gehäckselttem luftgetrocknetem Kartoffelkraut und der Kochlauge (2,5%ige Natronlauge und Waschmittelenzym) im Verhältnis 4 : 1 gemischt und bei einem Druck von 17 bar eine Stunde bei 160°C gekocht. Über einem Drehsieb wird das Zellulosefiltrat gewonnen, fein zermahlen und in Wasser aufgelöst (2,4 g auf 10 l Wasser). Diese Suspension wird durch ein Feinsieb gepresst. Mit Hilfe von Filterböden ist das Zellulosefiltrat bei 97°C unter Vakuum zu trocknen. Im Klimaraum wurde das so entstandene noch leuchte Papier nachgetrocknet.
- [0008] Das Papier hat eine hellgelbe Farbe und eine gute Festigkeit, wie aus der nachstehenden Tabelle 1 hervorgeht. Bei einem spezifischem Volumen von 1,31 cm<sup>3</sup>/g verfügt das Papier über eine Durchreißfestigkeit von 28,3 cN, einer Reißlänge von 5,83 km und einem Berstdruck von 225 kPa.

Tabelle 1

	1. Mahlgrad	2. Mahlgrad	3. Mahlgrad	4. Mahlgrad	5. Mahlgrad	1. interpol. Mahlgrad	2. interpol. Mahlgrad	3. interpol. Mahlgrad
Mahlgrad (°SR)	27,0	35,5	47,5	54,0	56,0	30,0	40,0	50,0
Mahldauer (min)	0	2	4	6	8	1	3	5
Spez. Volumen (cm <sup>3</sup> /g)	1,55	1,34	1,32	1,28	1,25	1,48	1,33	1,31
Reißlänge (km)	3,52	5,04	5,60	6,20	6,30	4,06	5,25	5,83
Berstdruck (kPa)	121	174	219	235	244	140	191	225
Berstdruck 75 g (kPa)	110	171	215	234	245	131	187	222
Berstdruck 80 g (kPa)	117	182	229	250	261	140	200	237
Durchreißfestk. (cN)	28,1	26,2	30,1	25,5	30,7	27,4	27,6	28,3
Durchreißfestk. 100 g (cN)	34,2	34,2	39,4	33,9	41,1	34,2	36,1	37,3
Festigkeitswert (-)	3,5	4,1	4,7	4,6	5,1	3,7	4,4	4,7
Tensile-Index (Nm/g)	34,5	49,4	54,9	60,8	61,8	39,8	51,5	57,2
Tear-Index (mN · m <sup>2</sup> /g)	3,4	3,4	3,9	3,3	4,1	3,4	3,6	3,7
Burst-Index (kPa · m <sup>2</sup> /g)	1,4	2,2	2,8	3,1	3,2	1,7	2,5	2,9
Absorptionsk. (m <sup>2</sup> /kg)	9,20	7,50	8,63	8,59	8,65	8,60	7,92	8,61
Opazität, 80 g/m <sup>2</sup> (%)	99,6	98,4	98,1	98,8	98,8	99,2	98,3	98,4
LSK (m <sup>2</sup> /kg)	47,3	34,9	36,9	36,3	35,1	43,0	35,7	36,7
Weißgrad (% ISO)	37,4							
Cuen-Viskosität (ml/g)								
Kappa-Zahl (-)	33,4							

## Patentansprüche

- Verfahren zur Zellstoffgewinnung, bei dem unter Einsatz von Waschmittelenzym und 2,5%iger Natronlauge Kartoffelkraut bei 160°C unter einem Druck von 17 bar 60 min gekocht wird.
- Verwendung des nach Anspruch 1 erhaltenen Zellstofffiltrats zur Herstellung von Papier.